# ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
# TECHNOSPHERE SAFETY






УДК 331.45
https://doi.org/10.23947/2541-9129-2024-8-1-30-40

*Научная статья*



EDN: WBSVBI

## Определение сходимости внутрилабораторных результатов измерений запыленности строительной площадки

**Е.А. Король** [1], **Е.Н. Дегаев** [1]✉, **С.Л. Пушенко** [2]
[1] Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация
[2] Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
✉ degaev@inbox.ru

**Аннотация**
***Введение.*** Внутрилабораторные сличительные испытания являются важным и актуальным мероприятием для обеспечения качества и достоверности результатов исследований в лабораториях. Они позволяют оценить точность и воспроизводимость применяемых в лаборатории методов, а также выявить возможные источники ошибок и несоответствий в ее работе. Результаты внутрилабораторных сличительных испытаний предоставляются экспертам при подтверждении компетентности в рамках аккредитации. Как правило, сличительные испытания проводят в лабораторных условиях в привычной и спокойной для испытателей обстановке. Однако лаборатории, проводящие исследования в рамках специальной оценки условий труда (СОУТ), вынуждены проводить выездные сличительные испытания на реальных объектах, где за испытаниями наблюдают заказчики, которые невольно отвлекают работников лаборатории, что напрямую влияет на качество измерений. Целью данной работы является оценка качества проведения выездных внутрилабораторных сличительных испытаний на примере определения запыленности рабочего места каменщика на строительной площадке и определение минимально необходимого и достаточного для этого количества измерений.
***Материалы и методы.*** Для определения запыленности рабочего места каменщика использовался весовой метод, который заключается в сборе пыли на фильтры с последующим взвешиванием и определением концентрации. Оценка качества проведения внутрилабораторных испытаний производилась согласно ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения».
***Результаты исследования.*** На рабочем месте каменщика выявлено превышение разовой предельно допустимой концентрации пыли в 1,6 раза. Средняя концентрация пыли на исследуемом рабочем месте составила: $К_{п2}$ = 9,57±0,81 мг/м$^3$, сходимость полученных результатов, $r$ = 8,68 %, относительная погрешность, $\delta$ = 8,50 %. Выявлено, что максимально допустимая разница результатов двух испытаний составляет 0,84 мг/м$^3$. Разница прямых измерений массы двух образцов должна быть не более 0,1 мг.
***Обсуждение и заключение.*** Полученные результаты показали возможность проведения минимального количества измерений, что по условиям воспроизводимости испытания признаются удовлетворительными и могут предоставляться экспертам для подтверждения компетентности лаборатории. В рамках СОУТ работникам исследуемого объекта рекомендуется использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания, предохраняющие от высокодисперсной пыли.

**Ключевые слова:** сходимость, внутрилабораторный контроль, запыленность, строительная площадка, рабочее место, специальная оценка условий труда (СОУТ)

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность редакции и рецензентам за внимательное отношение к статье и указанные замечания, которые позволили повысить ее качество.

**Для цитирования.** Король Е.А., Дегаев Е.Н., Пушенко С.Л. Определение сходимости внутрилабораторных результатов измерений запыленности строительной площадки. *Безопасность техногенных и природных систем.* 2024;8(1):30–40. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2024-8-1-30-40

*Original article*

## Determination of the Convergence of Intra-Laboratory Measurements of Dust Content on a Construction Site

**Elena A. Korol** [1], **Evgeniy N. Degaev** [1] ✉, **Sergey L. Pushenko** [2]
[1] National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation
[2] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation
✉ degaev@inbox.ru

**Abstract**

***Introduction.*** Intra-laboratory comparison tests play an important role in ensuring the quality and reliability of research outcomes in laboratories. These tests allow researchers to evaluate the accuracy and reproducibility of the methods they use in their work, as well as to identify potential sources of error and inconsistency. The results of these tests are shared with experts to confirm competence within the accreditation. Typically, comparison tests are carried out in laboratory conditions in a familiar and calm environment for the testers. However, when laboratories conduct research as part of a special assessment of working conditions (SAWC) they are required to conduct on-site comparisons at real-world facilities, where customers may unwittingly disrupt the process and directly affecting the quality of the measurements. The aim of this study is to evaluate the quality of on-site intra-laboratory comparison tests using the example of determining the dust content in a bricklayer's work environment on a construction site, and to determine the minimum number of measurements necessary and sufficient for this purpose.

***Materials and Methods***. To determine the dustiness of the bricklayer's workplace, a weighing method was used. This involved collecting dust on filters and then weighing them to determine the concentration. The quality assessment of intra-laboratory tests was conducted in accordance with GOST R ISO 5725-1-2002 "Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1. General principles and definitions".

***Results.*** At the bricklayer's workplace, a 1.6-fold excess of the one-time maximum permissible dust concentration was detected. The average dust concentration at the workplace under study was: $K_{p2}$ = 9.57 ± 0.81 mg/m$^3$, the convergence of the results obtained was $r$ = 8.68 %, the relative error $\delta$ = 8.50 %. It was revealed that the maximum allowable difference between the results of the two tests was 0.84 mg/m$^3$. The difference in direct measurements of the mass of the two samples should be no more than 0.1 mg.

***Discussion and Conclusion.*** The results obtained demonstrated the possibility of conducting a minimum number of measurements that, under reproducible conditions, are considered satisfactory and could be provided to experts for confirming the competence of the laboratory. As part of a special assessment of working conditions, employees of the object under study are recommended to use personal respiratory protection equipment that offers protection against highly dispersed dust particles.

**Keywords:** convergence, intra-laboratory control, dust content, construction site, workplace, special assessment of working conditions (SAWC)

**Acknowledgements.** The authors would like to thank the Editorial board and the reviewers for their attentive attitude to the article and for the specified comments that improved the quality of the article.

**For citation.** Korol EA, Degaev EN, Pushenko SL. Determination of the Convergence of Intra-Laboratory Measurements of Dust Content on a Construction Site. *Safety of Technogenic and Natural Systems.* 2024;8(1):30–40. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2024-8-1-30-40

**Введение.** Измерения на запыленность рабочих мест проводятся в рамках специальной оценки условий труда (СОУТ) на строительной площадке с целью выявления и оценки вредных и опасных производственных факторов, а также разработки мероприятий по их устранению или минимизации [1]. Результаты специальной оценки условий труда являются основой для разработки и внедрения соответствующих мер по улучшению условий труда [2]. Это может быть изменение рабочих процессов, применение новых технологий, обновление оборудования или улучшение санитарных условий [3]. Важно, чтобы эти меры были реализованы с учетом мнения сотрудников и их потребностей [4].

Проведение специальной оценки условий труда на строительной площадке имеет свои особенности, связанные с характером и условиями труда [5]. К таким особенностям можно отнести:

– работу на открытом воздухе, что может привести к воздействию неблагоприятных погодных условий;

– использование строительной техники и оборудования, которые могут создавать шум, вибрацию, пыль и другие загрязнения;

– выполнение работ на высоте, что требует специального обучения и аттестации персонала;

– работа с различными материалами и веществами, которые могут быть опасными для здоровья работников;

– необходимость соблюдения требований охраны труда и техники безопасности, включая использование средств индивидуальной защиты.

В результате выполнения СОУТ устанавливаются классы условий труда для каждой профессии, рекомендуются мероприятия по минимизации выявленных рисков и последствий влияния вредных факторов [6]. По данным СОУТ руководство организации разрабатывает мероприятия по улучшению условий и охраны труда, также определяются размеры дополнительных выплат для работников, занятых на производстве с неблагоприятными или рискованными условиями [7]. При инструментальном исследовании рабочих мест осуществляются замеры и анализ шума, степени запыленности, естественной и искусственной освещенности, температуры, влажности и пр. [8].

СОУТ имеют право проводить организации, обладающие соответствующей аккредитацией и опытом работы в данной области. Ими могут быть как специализированные организации, так и лаборатории, занимающиеся исследованием условий труда.

В соответствии с Федеральным законом от 28.12.2013 № 426 «О специальной оценке условий труда» организация, занимающаяся СОУТ, должна:

– иметь не менее 5 штатных сотрудников с действующим аттестатом на право проведения СОУТ;

– быть зарегистрированной в реестре организаций, проводящих СОУТ, который ведет Минтруда и соцзащиты РФ;

– обладать системой менеджмента качества (СМК), соответствующей ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» и ГОСТ Р 54934-2012/ OHSAS 18001:2007 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования»;

– располагать аккредитованной испытательной лабораторией, которая выполняет исследования и измерения опасных и вредных факторов.

Испытательная лаборатория (ИЛ) должна иметь действующий аттестат аккредитации, соответствующую область аккредитации, отражающую возможность исследования вредных и опасных факторов производства и условий труда, а также аттестованное испытательное оборудование (ИО) и поверенные средства измерений (СИ) [9]. Согласно постановлению Правительства РФ от 26 ноября 2021 года № 2050 «Об утверждении правил осуществления аккредитации в национальной системе аккредитации…» аккредитованные лаборатории в рамках подтверждения компетентности должны проводить сравнительные испытания для определения сходимости результатов измерений. Сходимость результатов измерений при проведении специальной оценки условий труда является одним из ключевых показателей, определяющих качество проводимых измерений.

Проведенные ранее исследования в данной области затрагивали в основном межлабораторные сравнительные испытания (МСИ) и не рассматривали внутрилабораторные сравнительные (сличительные) испытания. Так, в работе Козлова А.В. приведены результаты МСИ геосинтетического материала [10]. Автор указывает на целесообразность нормирования требований показателей прецизионности испытаний. В исследовании Лекомцевой М.М. и Шендалевой Е.В. проведен анализ результатов МСИ нефтепродуктов, по результатам которого рекомендуется преобразовывать данные в линейную зависимость для получения неизменного значения стандартного отклонения [11]. В работе Ясина Дургута отмечается, что межлабораторные сравнительные испытания, проводимые в соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», выполняются более эффективно, по сравнению со сравнительными измерениями, организованными в соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17043 «Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации» [12].

Между тем, согласно ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» весьма важны еще и результаты внутрилабораторных сравнительных испытаний, так как они используются для проведения корректирующих мероприятий, улучшения качества работы лаборатории и повышения точности результатов [13]. Поэтому целью данной работы является оценка качества проведения выездных внутрилабораторных сличительных испытаний. Такая оценка представлена на примере определения запыленности рабочего места каменщика на строительной площадке. Лаборатории,

осуществляющие свою деятельность в рамках СОУТ, вынуждены проводить внутрилабораторные сравнительные испытания на выездной основе, и условия их значительно отличаются от лабораторных. Сотрудники лаборатории ограничены временем допуска на объект, поэтому им важно выполнить исследования не только качественно, но и с минимально количеством испытаний. В связи с этим задача авторов статьи — определить это минимально необходимое и достаточное количество таких испытаний.

**Методы исследований.** Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны, а также методы контроля показателей микроклимата и содержания вредных веществ в воздухе регламентирует ГОСТ 12.1.005-88 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Для определения запыленности использовался весовой метод[1], который заключается в сборе пыли на фильтры с последующим взвешиванием и определением концентрации.

Массовую концентрацию $К_п$ пыли определяют по формуле:

$$К_П = \frac{(m_n - m_0)\cdot 1000}{V_{20}}, \quad (1)$$

где $К_п$ — концентрация пыли в воздухе, мг/м$^3$; $m_0$ — масса чистого фильтра, мг; $m_n$ — масса фильтра с осевшими частицами пыли, мг; $V_{20}$ — объем воздуха, приведенный к стандартным условиям, дм$^3$.

$$V_{20} = \frac{V_t \cdot 293 \cdot P}{(273 + T)\cdot 101{,}33}, \quad (2)$$

где $V_t$ — объем воздуха, прошедший через фильтр, дм$^3$; $P$ — атмосферное давление, кПа; $T$ — температура воздуха на рабочем месте, °С.

Согласно рекомендациям государственной системы обеспечения единства измерений[2] для обработки результатов определения запыленности рабочего места можно использовать метод приведения, который предполагает наличие значений измеряемых аргументов, полученных в результате многократных измерений.

Результат косвенного измерения находят по формуле:

$$\tilde{A} = \sum_{j=1}^{L} \frac{A_j}{L}, \quad (3)$$

где $L$ — число частных значений измеряемой величины; $A_j$ — $j$-*е* значение измеряемой величины; $j$ — номер последовательного измерения от 1 до $L$.

Среднее квадратическое отклонение $S(\tilde{A})$ случайных погрешностей результата косвенного измерения рассчитывают по следующей формуле:

$$S(\tilde{A}) = \sqrt{\sum_{j=1}^{L} \frac{(A_j - \tilde{A})^2}{L(L-1)}}. \quad (4)$$

При нормальном распределении отдельных значений измеряемой величины доверительные границы случайных погрешностей определяют по формуле:

$$\Delta = t_p \cdot S(\tilde{A}), \quad (5)$$

где $t_p$ — коэффициент Стьюдента, зависящий от доверительной вероятности и числа результатов наблюдений.

Прецизионность оценивается по показателю повторяемости (относительной среднеквадратического отклонения повторяемости), $\sigma_r$, и по показателю точности (границ относительной погрешности), δ:

$$\sigma_r = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \tilde{x})^2}{n-1}}, \quad (6)$$

где $x_i$ — $i$-й результат испытаний, полученный в условиях повторяемости; $\tilde{x}$ — среднеарифметическое значение из $n$ результатов испытаний в условиях повторяемости (сходимости).

$$\delta = \frac{\Delta}{\tilde{x}} 100\% \le 25\ \%. \quad (7)$$

[1] *Методика измерений массовой концентрации пыли гравиметрическим методом для целей специальной оценки условий труда.* МИ АПФД-18.01.2018. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=390372 (дата обращения: 25.11.2023).

[2] *Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. МИ 2083–90.* Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР; 1991. URL:https://znaytovar.ru/gost/2/MI_208390_GSI_Izmereniya_kosve.html (дата обращения: 25.11.2023).

В процентном отношении сходимость определяют в соответствии с выражением:

$$r = \frac{\sigma_r}{\tilde{x}} 100\ \%. \quad (8)$$

Для оценки сходимости результатов двух измерений необходимо использовать формулу:

$$r_2 = \frac{|x_1 - x_2|}{\tilde{x}} 100\ \%, \quad (9)$$

где $x_1$, $x_2$ — результаты двух параллельных измерений.

Результаты измерений, полученные в условиях сходимости, признаются удовлетворительными, если полученная сходимость $r$ будет меньше или равна нормативной сходимости $r_{норм}$:

$$r \le \kappa_{норм} = 15\ \%. \quad (10)$$

За результат принимается выражение (8):

$$x = \tilde{x} \pm \Delta\ . \quad (11)$$

Минимальное количество наблюдений зависит от коэффициента вариации, т. е. отношения среднеквадратического отклонения к среднему значению, и выбирается предварительно из опытных данных. Ошибку в определении среднего значения (статистическая погрешность измерений) необходимо искать в предположении, что закон распределения генеральной совокупности измерений — нормальный. Зная ошибку и доверительную вероятность, можно однозначно установить доверительный интервал для среднего значения и оценить максимальную статистическую погрешность измерений как отношение половины разности границ ошибки среднего значения к среднему значению из опытных данных [14].

**Результаты исследований.** Проведены измерения на определение запыленности строительной площадки при строительстве многоквартирного жилого дома. Отбор проб производился на рабочем месте каменщика в зоне кладочной стены фильтрами типа АФА (аналитические аэрозольные фильтры) с помощью двух аспираторов ПУ-4Э, обеспечивающих отбор проб с заданным объемным расходом через поглотитель по четырем параллельным каналам. Для установления статистической погрешности измерений инструментами и сотрудниками лаборатории при заданной доверительной вероятности $P = 0{,}95$ выполнено восемь параллельных измерений, результаты которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты восьми параллельных испытаний

| № измерения | Масса фильтра, $m_0$, мг | Масса фильтра, $m_n$, мг | Расход воздуха, л/мин | Атмосферное давление, кПа | Время измерения, мин. | Температура воздуха в рабочей зоне, °С | Частные значения концентрации пыли, мг/м$^3$ | Среднее значение концентрации пыли, мг/м$^3$ | Среднее квадратическое отклонение, мг/м$^3$ | Относительная погрешность, δ, % | Сходимость результатов, $r$, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n$=8 | | | | | | | | | | | |
| №1 | 30965,6 | 30966,5 | 2 | 102,2 | 60 | 21,1 | 7,46 | 9,33 | 1,39 | 10,29 | 14,85 |
| №2 | 31346,8 | 31347,8 | 2 | 102,2 | 60 | 21,1 | 8,29 | | | | |
| №3 | 33980,5 | 33981,6 | 2 | 102,2 | 60 | 21,1 | 9,12 | | | | |
| №4 | 35572,3 | 35573,6 | 2 | 102,2 | 60 | 21,1 | 10,78 | | | | |
| №5 | 34926,9 | 34928,3 | 2 | 102,2 | 60 | 21,1 | 11,61 | | | | |
| №6 | 30477,7 | 30479,0 | 2 | 102,2 | 60 | 21,1 | 10,78 | | | | |
| №7 | 32678,4 | 32679,5 | 2 | 102,2 | 60 | 21,1 | 9,12 | | | | |
| №8 | 32678,4 | 32679,6 | 2 | 102,2 | 60 | 21,1 | 9,95 | | | | |

Чтобы проверить, подчиняются ли данные нормальному закону распределения, построена гистограмма частот как один из способов визуального представления распределения данных (рис. 1). Гистограмма имеет форму колокола и близка к кривой нормального распределения (рис. 2).

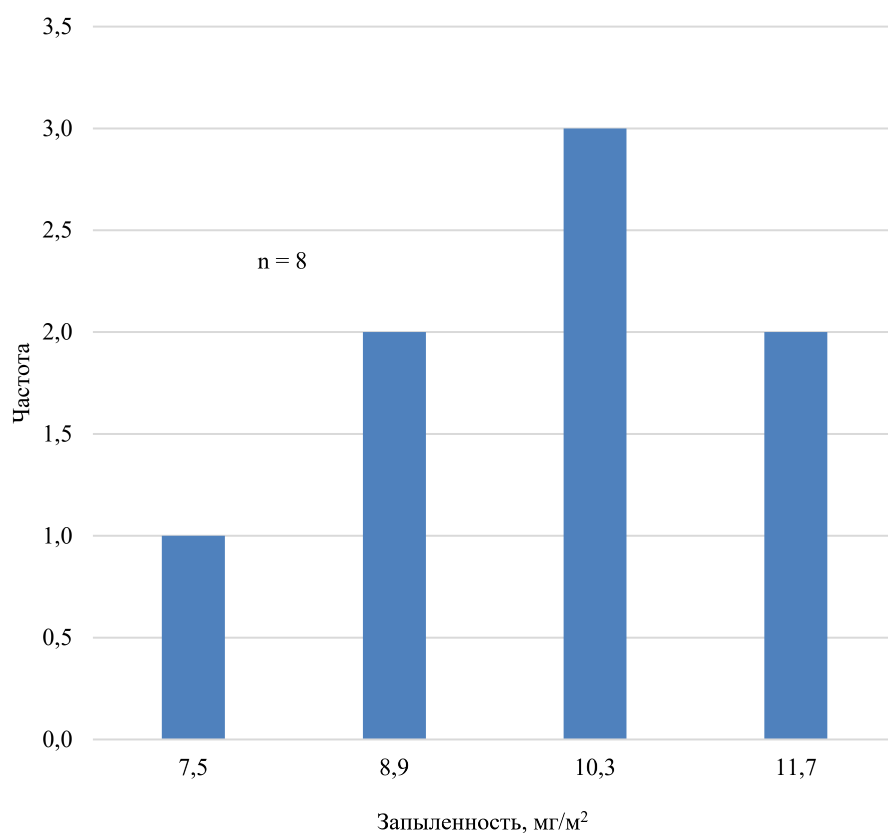



Рис. 1. Гистограмма частот при *n* = 8

Рассчитаны и на графике функции плотности нормального распределения приведены среднее значение и доверительный интервал проведенных измерений (рис. 2).

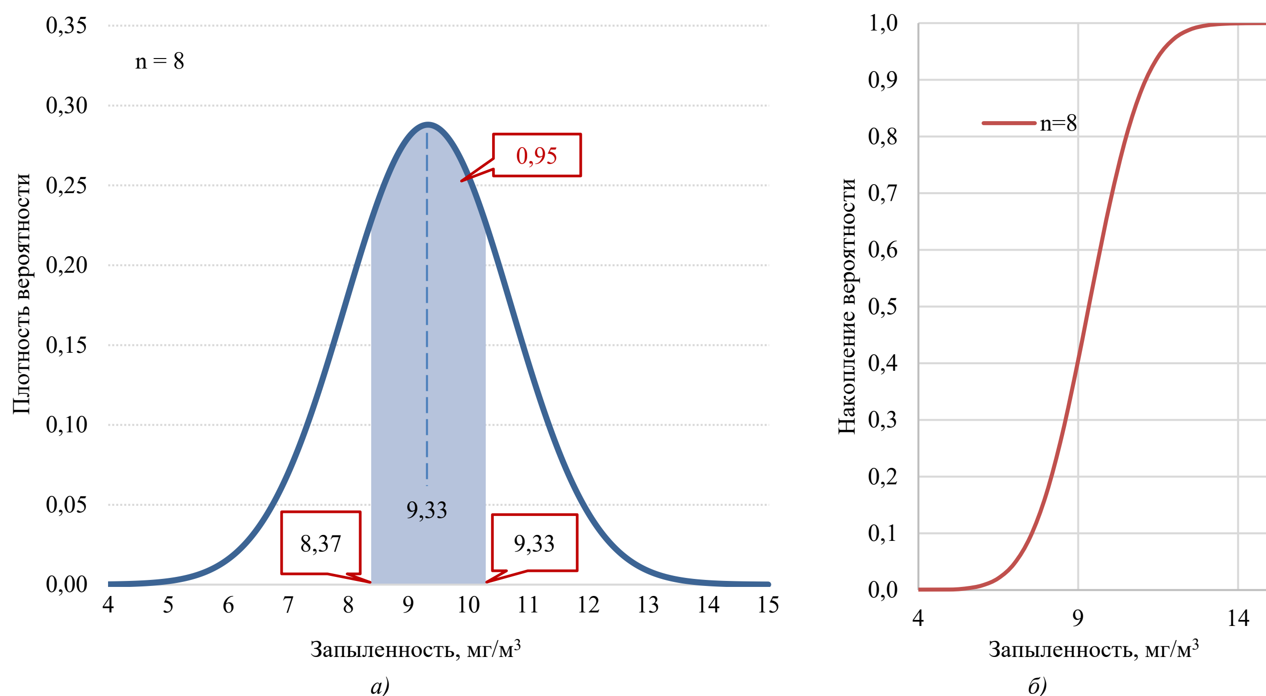



Рис. 2. Графики нормального распределения при *n* = 8:
*а* — функция плотности нормального распределения; *б* — интегральная функция распределения

За результат принимается среднее значение с указанием доверительного интервала:

$$К_{П8} = 9,33 \pm 0,96 \text{ мг/м}^3$$

Для определения минимального количества измерений найдены коэффициент вариации, средняя ошибка выборки и предельная ошибка выборки (рис. 3). Максимальная статистическая погрешность составила 0,26 мг/м³.

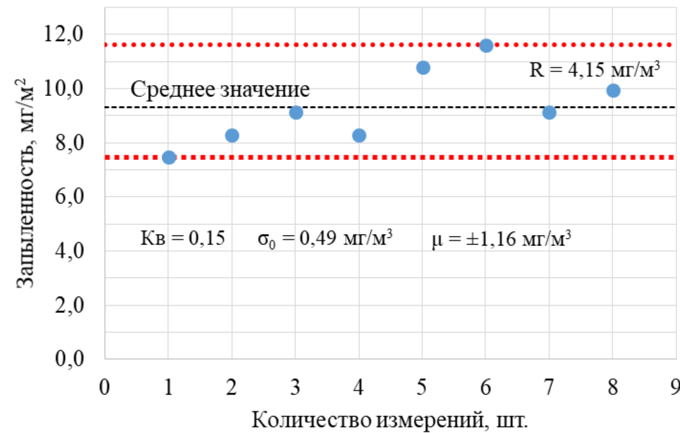



Рис. 3. Размах результатов измерений

Минимальное количество измерений определяется по формуле [11]:

$$n_{min} = \frac{t^2 к_в{}^2}{\delta^2}, \tag{12}$$

$$n_{min} = 1,20 \approx 2.$$

Согласно полученному значению минимального количества испытаний проведены два параллельных испытания по определению концентрации пыли на рабочем месте каменщика (таблица 2).

Таблица 2

Результаты двух параллельных испытаний

| № измерения | Масса фильтра, $m_0$, мг | Масса фильтра, $m_n$, мг | Расход воздуха, л/мин | Атмосферное давление, кПа | Время измерения, мин. | Температура воздуха в рабочей зоне, °С | Частные значения концентрации пыли, мг/м³ | Среднее значение концентрации пыли, мг/м³ | Среднее квадратическое отклонение, мг/м³ | Относительная погрешность, δ, % | Сходимость результатов, $r$, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n$=2 | | | | | | | | | | | |
| № 1 | 34563,8 | 34565,0 | 2 | 102,2 | 60 | 22,0 | 9,98 | 9,57 | 0,59 | 8,50 | 8,68 |
| № 2 | 30654,3 | 30655,4 | 2 | 102,2 | 60 | 22,0 | 9,15 | | | | |

Доверительный интервал результатов двух определений концентрации пыли при вероятности 0,95 составил 0,81 мг/м² (рис. 4).

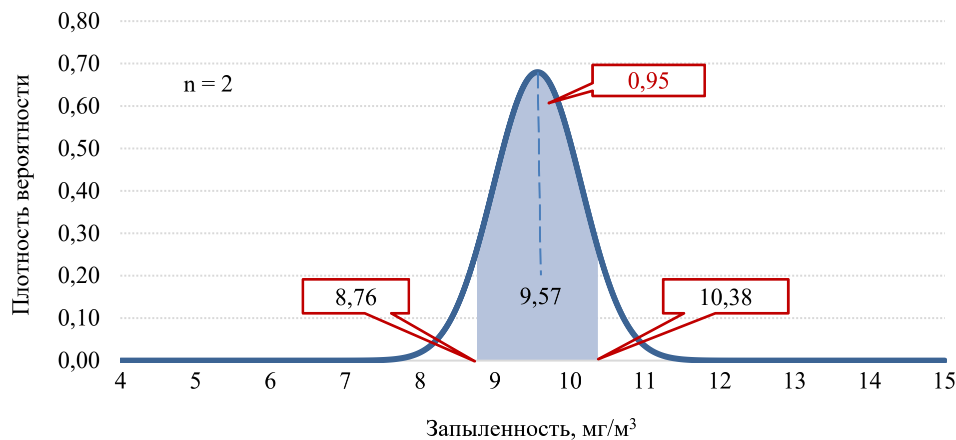



Рис. 4. Функция плотности нормального распределения при $n$ = 2

Согласно условиям сходимости по ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения» и ГОСТ Р 51672-2000 «Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия. Основные положения» результаты параллельных измерений можно признать удовлетворительными, так как выполняются условия (7) и (10) (рис. 5):

$$r_2 = 8.68\,\% < r_{\text{норм}} = 15\,\%,\ \delta_2 = 8{,}50\,\% < \delta_{\text{норм}} = 25\,\%.$$

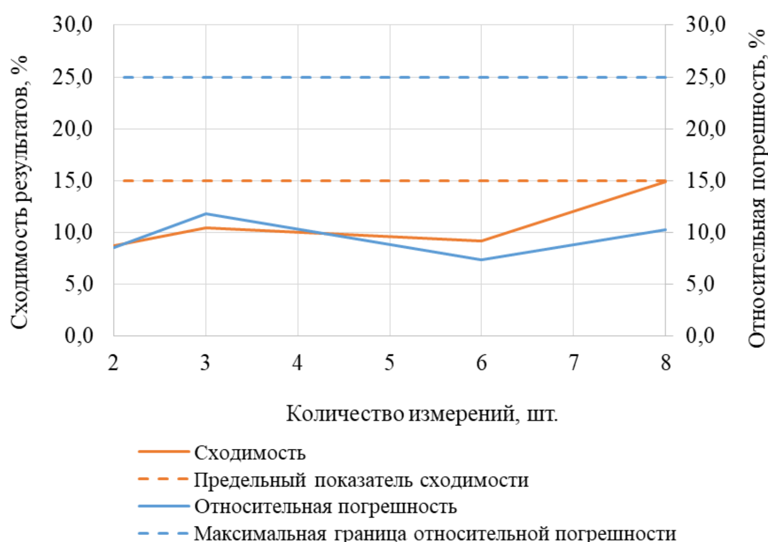



Рис. 5. Зависимость сходимости результатов измерений и относительной погрешности от количества испытаний

По результатам обработки принимается:

$$К_{П2} = 9{,}57 \pm 0{,}81\ \text{мг/м}^3.$$

Определение концентрации пыли весовым методом имеет достаточно высокую составляющую погрешностей используемых средств измерений и проводимых операций. Максимально допустимая разница результатов двух измерений составляет 0,84 мг/м$^3$. Разница прямых измерений массы двух образцов должна быть не более 0,1 мг. При разнице масс в 0,2 мг показатель сходимости результатов двух параллельных измерений становится более 18 % и не удовлетворяет условиям прецизионности. При проведении испытаний на определение запыленности рассмотренной методикой возможно ограничиться двумя параллельными измерениями, при этом погрешность измерений будет равняться инструментальной погрешности.

Строительная пыль относится к малоопасным (IV класс), разовая предельно допустимая концентрация (ПДК) составляет 6 мг/м$^3$, суточная — 10 мг/м$^3$. По результатам испытаний выявлено превышение разовой ПДК в 1,6 раза. Для снижения концентрации пыли на рабочем месте каменщика рекомендуются комплексные меры по уменьшению пылеобразования на строительной площадке, т. к. основными источниками пыли являются подъездные дороги, места выгрузки и погрузки строительных материалов, а также технологические процессы, связанные с обработкой и резкой строительных материалов [15]. Необходимо проводить мероприятия, снижающие концентрацию пыли на строительной площадке и за ее пределами [16].

Гигиенический норматив ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» устанавливает разовую ПДК строительной пыли в городском воздухе не более 0,5 мг/м$^3$.

**Обсуждение и заключение.** Определение концентрации пыли весовым методом имеет достаточно высокую составляющую погрешностей используемых средств измерений и проводимых операций. Выявлено, что максимально допустимая разница результатов двух проведенных испытаний составила 0,84 мг/м$^3$. Разница прямых измерений массы двух образцов должна быть не более 0,1 мг.

Обработка результатов испытаний показала возможность проведения двух измерений по определению запыленности рабочего места каменщика на строительной площадке. Сходимость результатов испытаний в рамках подтверждения компетентности лаборатории является важным показателем качества проведенной оценки и свидетельствует о достоверности полученных данных, поэтому в рамках внутрилабораторных сличительных испытаний рекомендуется использовать не менее шести измерений [17]. Чем выше сходимость результатов, тем меньше вероятность ошибок и неточностей в оценке условий труда, что, в свою очередь,

обеспечивает более объективную информацию о состоянии условий труда на рабочих местах и позволяет принять обоснованные меры по их улучшению [18].

Работникам исследованного объекта рекомендовано использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания, защищающие от высокодисперсной пыли. Для снижения концентрации строительной пыли на строительной площадке, а также за её пределами следует проводить орошение строительной площадки водой для осаждения высокодисперсной пыли, поливать подъездные дороги, промывать колеса автотранспортных средств как на въезде на строительную площадку, так и на выезде [19].

**Список литературы**

1. Кучергин Н.И. СОУТ — специальная оценка условий труда. *Студенческий форум.* 2022;44–1(223):6–7. URL: https://nauchforum.ru/archive/studjournal/44%28223_1%29.pdf (дата обращения: 08.11.2023).

2. Пантелеева О.В., Яковенко О.В. СОУТ как контроль качества безопасности. В: *Труды II Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы экологии и промышленной безопасности».* Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова; 2023. С. 97–100.

3. Гасилина Т. Новшества в законодательстве по СОУТ. *ТехНадзор.* 2017;1–2(122–123):47–48.

4. Мамытов Е.Г. Нормативно-правовые новации по использованию результатов СОУТ. *Стандарты и качество.* 2015;2:82–83.

5. Пахомова Л.А., Олейник П.П. Выбор и оценка параметров аттестации рабочих мест СОУТ (специальная оценка условий труда). *Строительное производство.* 2019;1:49–52. https://doi.org/10.54950/26585340_2019_1_49

6. Шеметова Е.Г., Богатова А.В., Буракова Н.А. Проведение СОУТ на предприятиях — залог обеспечения безопасности труда. В: *Труды 6-й Международной молодежной научной конференции «Юность и знания — гарантия успеха-2019».* Курск: Юго-Западный государственный университет; 2019. С. 144–147.

7. Пушенко С.Л., Гапонов В.Л., Кукареко В.А. Анализ производственного травматизма в строительной индустрии и пути его снижения. *Безопасность техногенных и природных систем.* 2022;(2):24–30. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-2-24-30

8. Бессонов Е.В., Зырянов С.Б., Блинченко А.А. СОУТ как ключевая часть СУОТ. *Молодежь и наука.* 2020;9:48.

9. Ведрова М.А., Бузиков Ш.В. Особенности проведения СОУТ на рабочем месте оператора ПВЭМ. *Актуальные научные исследования в современном мире.* 2021;10–7(78)):88–91.

10. Козлов А.В. Результаты межлабораторных сличительных испытаний геосинтетического материала. Вестник МГСУ. 2023;18(8):1230–1240. https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.8.1230-1240

11. Лекомцева М.М., Шендалева Е.В. Статистические методы в сравнительных испытаниях нефтепродуктов. Динамика систем, механизмов и машин. 2016;1:334–340.

12. Durgut Y. Inter-laboratory comparisons and their roles in accreditation. European Journal of Science and Technology. 2021;28:402–406. https://doi.org/10.31590/ejosat.1001957

13. Борисов С.В., Борисов А.В., Стасева Е.В. Анализ условий труда на рабочих местах вагонного ремонтного депо Батайск по материалам СОУТ. В*: Сборник научных трудов конференции «Транспорт: наука, образование, производство».* Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения; 2020. С. 22–25.

14. Вентцель Е.С. *Теория вероятностей.* Учебник для вузов. 7-е изд., стер. Москва: Высшая школа; 2001. 575 с. URL: https://djvu.online/file/geQAk3qSZR9az (дата обращения: 07.12.2023).

15. Пузырев А.М., Козырева Л.В. Разработка методики оценки профессиональных рисков в строительстве. *Безопасность техногенных и природных систем.* 2022;1:9−17. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-1-9-17

16. Herry Supriyatna, Widy Kurniawan, Humiras Hardi Purba. Occupational safety and health risk in building construction projects: A literature review. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*. 2020;3(1):28–40. https://doi.org/10.31181/oresta200134s

17. Jaypee Bathan, Joy C Ashipaoloye. Modeling the mediating effects of occupational safety and health management between organization culture and business performance among employees of construction companies. *International Journal of Open-Access, Interdisciplinary & New Educational Discoveries of ETCOR Educational Research Center (iJOINED ETCOR).* 2023;2(4):131–156. URL: https://www.researchgate.net/publication/375342214 (дата обращения: 08.11.2023).

18. Endah Harisun, Hery Purnomo, Suhartini Suhartini. Occupational safety and health (OSH) in construction projects in ternate city. *Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology.* 2023;17(1):121–125. https://doi.org/10.47577/technium.v17i.10057

19. Nasana Bajracharya, Pawan Rana Magar, Suman Karki, Suja Giri, Ashish Khanal. Occupational health and safety issues in the construction industry in south asia: a systematic review and recommendations for improvement. *Journal of Multidisciplinary Research Advancements.* 2023;1(1):27–31. https://doi.org/10.3126/jomra.v1i1.55101

**References**

1. Kuchergin NI. SOUT — spetsial'naya otsenka uslovii truda. *Studencheskii forum.* 2022;44–1(223):6–7. URL: https://nauchforum.ru/archive/studjournal/44%28223_1%29.pdf (accessed: 08.11.2023). (In Russ.).

2. Panteleeva OV, Yakovenko OV. SOUT kak kontrol' kachestva bezopasnosti. In: *Trudy II Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Sovremennye problemy ekologii i promyshlennoi bezopasnosti".* Novocherkassk: Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI); 2023. P. 97–100. (In Russ.).

3. Gasilina T. Novshestva v zakonodatel'stve po SOUT. *TekhNadzor.* 2017;1–2(122–123):47–48. (In Russ.).

4. Mamytov EG. Normativno-pravovye novatsii po ispol'zovaniyu rezul'tatov SOUT. *Standards and Quality.* 2015;2:82–83. (In Russ.).

5. Pakhomova LA, Oleinik PP. Selection and evaluation of work place certification parameters (special assessment of labor conditions). *Construction production.* 2019;1:49–52. https://doi.org/10.54950/26585340_2019_1_49 (In Russ.).

6. Shemetova EG, Bogatova AV, Burako NA. Provedenie SOUT na predpriyatiyakh — zalog obespecheniya bezopasnosti truda. In: *Trudy 6-i Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii "Yunost' i znaniya — garantiya uspekha-2019".* Kursk: Southwest State University; 2019. P. 144–147. (In Russ.).

7. Pushenko SL, Gaponov VL, Kukareko VA. Analysis of occupational injuries in the construction industry and ways to reduce it. *Safety of Technogenic and Natural Systems.* 2022;(2):24–30. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-2-24-30 (In Russ.).

8. Bessonov EV, Zyryanov SB, Blinchenko AA. SOUT kak klyuchevaya chast' SUOT. *Youth and science.* 2020;9:48. (In Russ.).

9. Vedrova MA, Buzikov ShV. Features of carrying out the sot at the workplace of the pvem operator. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire.* 2021;10–7(78)):88–91. (In Russ.).

10. Kozlov AV. Results of interlaboratory comparison tests of geosynthetic material. *VESTNIK MGSU.* 2023;18(8):1230–1240. https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.8.1230-1240 (In Russ.).

11. Lekomtseva MM, Shendaleva EV. Statisticheskie metody v sravnitel'nykh ispytaniyakh nefteproduktov. *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin.* 2016;1:334–340. (In Russ.).

12. Durgut Y. Inter-laboratory comparisons and their roles in accreditation. European Journal of Science and Technology. 2021;28:402–406. https://doi.org/10.31590/ejosat.1001957

13. Borisov SV, Borisov AV, Staseva EV. Analiz uslovii truda na rabochikh mestakh vagonnogo remontnogo depo Bataisk po materialam SOUT. In: *Sbornik nauchnykh trudov konferentsii "Transport: nauka, obrazovanie, proizvodstvo".* Rostov-on-Don: Rostov State Transport University; 2020. P. 22–25. (In Russ.).

14. Venttsel ES. *Teoriya veroyatnostei.* Textbook of higher education institution. 7-th ed. Moscow: Vysshaya shkola; 2001. 575 p. URL: https://djvu.online/file/geQAk3qSZR9az (accessed: 07.12.2023). (In Russ.).

15. Puzyrev AM, Kozyreva LV. Development of a methodology for assessing professional risks in construction. *Safety of Technogenic and Natural Systems.* 2022;1:9−17. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-1-9-17 (In Russ.).

16. Herry Supriyatna, Widy Kurniawan, Humiras Hardi Purba. Occupational safety and health risk in building construction projects: A literature review. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*. 2020;3(1):28–40. https://doi.org/10.31181/oresta200134s

17. Jaypee Bathan, Joy C Ashipaoloye. Modeling the mediating effects of occupational safety and health management between organization culture and business performance among employees of construction companies. *International Journal of Open-Access, Interdisciplinary & New Educational Discoveries of ETCOR Educational Research Center (iJOINED ETCOR).* 2023;2(4):131–156. URL: https://www.researchgate.net/publication/375342214 (accessed: 08.11.2023).

18. Endah Harisun, Hery Purnomo, Suhartini Suhartini. Occupational safety and health (OSH) in construction projects in ternate city. *Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology.* 2023;17(1):121–125. https://doi.org/10.47577/technium.v17i.10057

19. Nasana Bajracharya, Pawan Rana Magar, Suman Karki, Suja Giri, Ashish Khanal. Occupational health and safety issues in the construction industry in south asia: a systematic review and recommendations for improvement. *Journal of Multidisciplinary Research Advancements.* 2023;1(1):27–31. https://doi.org/10.3126/jomra.v1i1.55101

**Поступила в редакцию** 18.12.2023
**Поступила после рецензирования** 15.01.2024
**Принята к публикации** 17.01.2024

*Об авторах:*
**Елена Анатольевна Король,** доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой жилищно-коммунального комплекса Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) (129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26), SPIN-код: 3795-1053, ORCID, KorolEA@mgsu.ru

**Евгений Николаевич Дегаев,** кандидат технических наук, доцент кафедры жилищно-коммунального комплекса Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) (129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26), SPIN-код: 1471-9700, ORCID, degaev@inbox.ru

**Сергей Леонардович Пушенко,** доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности технологических процессов и производств Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), SPIN-код: 7292-1956, ORCID, slpushenko@yandex.ru

*Заявленный вклад соавторов:*
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

**Received** 18.12.2023
**Revised** 15.01.2024
**Accepted** 17.01.2024

*About the Authors:*
**Elena A. Korol,** Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Housing and Communal Sector Department, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU) (26, Yaroslavskoe Shosse, Moscow, 129337, RF), SPIN-code: 3795-1053, ORCID, KorolEA@mgsu.ru

**Evgeniy N. Degaev,** Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Housing and Communal Sector Department, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU) (26, Yaroslavskoe Shosse, Moscow, 129337, RF), SPIN-code: 1471-9700, ORCID, degaev@inbox.ru

**Sergey L. Pushenko,** Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Safety of Technological Processes and Productions Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), SPIN-code: 7292-1956, ORCID, slpushenko@yandex.ru

*Claimed contributorship:*
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

*Conflict of interest statement:* the authors do not have any conflict of interest.

*All authors have read and approved the final manuscript.*